

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-225335

(43) 公開日 平成8年(1996)9月3日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C03B 37/012			C03B 37/012	A
G02B 6/00	356		G02B 6/00	356 A

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全8頁)

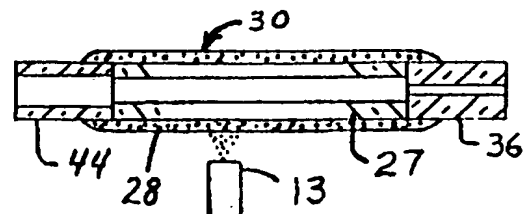
(21) 出願番号	特願平7-347529	(71) 出願人	390037903 コーニング インコーポレイテッド CORNING INCORPORATE D アメリカ合衆国 ニューヨーク州 コーニ ング (番地なし)
(22) 出願日	平成7年(1995)12月18日	(72) 発明者	ジョージ イー パーキー アメリカ合衆国ニュー YORK 州14871、パ イン シティ、ライリー ヒル ロード、 アール、ディー、 2
(31) 優先権主張番号	3 5 9 3 9 2	(74) 代理人	弁理士 山元 俊仁
(32) 優先日	1994年12月20日		
(33) 優先権主張国	米国 (U S)		

(54) 【発明の名称】 光ファイバ・プリフォームの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 低下された屈折率の少なくとも1つの環状領域を有する光ファイバ・プリフォームを作成する方法を提供すること。

【解決手段】 フッ素および／またはホウ素をドーブしたシリカのチューブにシリカ・スートがオーバークラッドされる。このオーバークラッド・チューブにコア・ロッドが挿入され、そしてその結果得られたアセンブリが、チューブとコア・ロッドの隣接表面を清掃するためにそれらチューブとコア・ロッドの間に塩素が流れている状態で、加熱される。スートがコンソリデートすると、チューブがロッドに対してコラプスして融着する。この結果得られた管状の構造物はクラッドを設けられかつ光ファイバを形成するために延伸される。この光ファイバは、内側のコアとフッ素および／またはホウ素をドーブされた領域との間の境界面におけるシード・カウントが低い結果として低い減衰を提示するようになされているものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光ファイバ・プリフォームを製造する方法であって、

第 1 および第 2 の端部を有するガラスチューブにガラスコア・ロッドを挿入してアセンブリを形成し、

前記アセンブリ全体を加熱し、

前記チューブの第 1 の端部および前記チューブと前記ロッドの間に塩素を含んだセンターライン・ガスを流して流入させそして前記チューブの第 2 の端部から流出させ、

前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせ、このようにして得られたアセンブリにクラッドガラスの層を設ける工程よりなる光ファイバ・プリフォームの製造方法。

【請求項 2】 前記アセンブリを加熱する工程に先立って、ガラス粒子の被覆が前記チューブの外表面上に沈積され、かつ前記コラプスさせる工程は被覆されたチューブとロッドよりなるアセンブリを加熱して前記被覆をコンソリデートさせ、それによって前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせかつ融着させる半径方向内方の力を生じさせることよりなる請求項 1 の方法。

【請求項 3】 前記加熱工程は、前記ガラス粒子のコンソリデーション温度より低い温度に前記被覆されたアセンブリを加熱し、そしてその後で前記被覆をコンソリデートさせるのに十分な温度に加熱し、それによって前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせかつ融着させる半径方向内方の力を生じさせて、コンソリデートされたアセンブリを形成することよりなる請求項 2 の方法。

【請求項 4】 前記ガラスチューブは、長手方向の貫通穴を有する管状の多孔質ガラスプリフォームを形成し、フッ素を含んだガスを前記穴に流入させそして前記多孔質ガラスプリフォームの微細孔を通じて外方に流出させ、そして前記多孔質ガラスプリフォームを熱処理してそれをコンソリデートさせて非多孔質のフッ素をドープしたチューブにする工程によって形成される請求項 1、2 または 3 の方法。

【請求項 5】 前記ガラスチューブは、円柱状のマンドレル上にホウ素を含んだガラス粒子を沈積させ、前記マンドレルを除去して管状の、ホウ素を含んだ多孔質ガラスプリフォームを形成し、そして前記多孔質ガラスプリフォームを熱処理してそれをコンソリデートさせて非多孔質のホウ素をドープしたチューブにする工程によって形成される請求項 1、2 または 3 の方法。

【請求項 6】 前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせる工程時に、前記チューブが脱気される請求項 1 の方法。

【請求項 7】 前記塩素を含んだガスが純粋な塩素よりなり、あるいは塩素を含んだガスが塩素と希釈ガスよりなる請求項 1、2 または 3 の方法。

【請求項 8】 前記センターライン・ガスは前記チューブの第 1 の端部に連続的に供給され、前記チューブの第 2 の端部は、それがコラプスしかつ前記センターライン・ガスの流れを阻止するのに十分なだけ高い温度を受け、あるいは毛細チューブが前記チューブの第 2 の端部に融着され、前記センターライン・ガスが前記チューブの第 1 の端部に連続的に供給され、前記毛細チューブが、それがコラプスして前記センターラインガスの流れを阻止するのに十分なだけ高い温度をうける請求項 1 の方法。

【請求項 9】 前記アセンブリが、前記加熱する工程およびガスを流す工程時に、垂直方向に支持され、それによって前記センターライン・ガスが前記流入流出工程時に前記コア・ロッドの全周のまわりに流れるようにする請求項 1、2 または 3 の方法。

【請求項 10】 前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせる工程時に、前記センターライン・ガスを流す工程が、軟化されたガラス部材をコラプスさせることによって中断される請求項 1 の方法。

【請求項 11】 延長チューブが前記チューブの第 2 の端部に融着され、そして前記チューブを前記ロッドに対してコラプスさせる工程時に、前記センターライン・ガスを流す工程は、前記延長チューブをコラプスさせることによって中断されるまで継続する請求項 10 の方法。

【請求項 12】 前記挿入する工程はゲルマニウムをドープしたシリカ・ロッドをフッ素をドープしたシリカ・チューブに挿入することよりなる請求項 1 の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、シリカに対して低下した屈折率を有する環状領域をコアが含んでいる低損失光ファイバを作成する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 Wプロファイル、セグメント・コア・プロファイル等のような屈折率プロファイルを有する光ファイバは、所望の分散特性を有する。種々の分散修正光ファイバの教示については米国特許第 4 7 1 5 6 7 9 号および第 5 0 3 1 1 3 1 号を参照されたい。このような種類の屈折率プロファイルを有するファイバは、異なる屈折率の層をコアが含んでいるシングルモード・ファイバを作成することができるブラズマ CVD 法のような化学的蒸気沈積 (CVD) 法で作成されることが多い (例えば図 7 および 8 参照)。このような方法は比較的小さいプリフォームを生成する。ファイバのコストを軽減するために比較的大きいプリフォームまたは延伸用母材を作成する外付け法 (OVD) によって分散修正光ファイバを作成するのが有利である。

【0003】 このようなファイバを作成するための典型的な OVD 法が米国特許第 4 6 2 9 4 8 5 号に開示されている。その特許によれば、ゲルマニアをドープしたシ

リカ・ロッドが形成され、かつその直径を減少させるように延伸される。そのロッドの一片が、純粋なシリカ・ガラス粒子またはスートがその上に沈積されるマンドレルとその結果得られた複合構造体が、フッ素を含んだガスが流れているコンソリデーション炉内で加熱される。したがって、そのスートはフッ素をドーブされ、ロッド上でコンソリデートする。、ファイバを線引きできる母材を形成するために、フッ素をドーブしたシリカ層の外表面上に、1つまたはそれ以上の付加的なガラス層が形成される。

【0004】上述の方法でスートがコンソリデートされ、それによってフッ素が、それを含有したマッフル・ガスだけで多孔質ブリフォームに供給される場合には、フッ素濃度（フッ素を含有した層の Δ で測定された）は、ある所望の光特性を与えるのには十分でない。、 SiF_4 がフッ素含有成分である場合には、マッフル・ガス・ドーピングで得られる典型的なフッ素濃度は $-0.4\% \Delta$ を与える。上述した方法で生ずる SiF_4 の最大デルタ値は $-0.5\% \Delta$ である。

【0005】米国特許第4668263号は、フッ素をドーブした内側層を有するシリカ・チューブをシリカ・ロッドの表面に対してコラプスさせる方法を開示している。その特許によれば、コラプス工程は、チューブを回転させかつそれを長手方向に移動するバーナからの炎で加熱することによって行なわれる。その技法は、外表面を含めてフッ素ドーブ・チューブ全体をコア領域の一部としてあるいはファイバの光伝播領域として利用するタイプの分散修正ファイバ・デザインを作成するためには用いることができないであろう。その理由は、炎がガラスを濡らす、すなわちヒドロキシル汚染を生じさせるので、得られファイバは、ヒドロキシル・イオンによる減衰が大きい波長での動作には適しないものとなるであろう。

【0006】

【本発明が解決しようとする課題】

【0007】本発明の1つの目的は、光ファイバ・ブリフォームの第1および第2の隣接層を、それら間の境界面が実質的にシードを有しないようにして、接合させる方法を提供することである。他の目的は、高負デルタ・フッ素ドーブ・シリカガラス層を有する光ファイバ・ブリフォームをOVD技術で作成する方法を提供することである。他の目的は、光ファイバ・ブリフォームにおいて第1のファイバ・コア領域を隣接領域に接合させる改良された方法を提供することである。さらに他の目的は、高い負のデルタを有するフッ素ドーブ・シリカガラスをOVD技術で作成する方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、低下した屈折率を有する環状領域を含んだコアを有する光ファイバが線引きされ得るブリフォームを作成する方法に関する。

この方法は、ガラスチューブにコア・ロッドを挿入してアセンブリを形成することを含む。そのアセンブリ全体が加熱されている間に、センターライン塩素含有ガスが、チューブの第1の端部に流入され、そしてチューブとロッドの間に流入され、チューブの第2の端部から流出される。その後で、チューブがロッドに対してコラプスされ、そしてその結果得られるアセンブリにクラッドガラスの層が設けられる。

【0009】シリカ・チューブはフッ素またはホウ素をドーブされ得るが、そのフッ素またはホウ素は両方ともシリカにその屈折率を低下させるために添加され得る。 B_2O_3 による減衰がファイバの用途を約1200nm以下の波長に制限するので、フッ素が好ましいドーバントである。

【0010】フッ素をドーブしたチューブを提供するために、フッ素を含んだガスが、円筒形の多孔質ガラス・ブリフォームの穴に流入されそして微細孔を通じて外方に流動される。この多孔質ガラス・ブリフォームは、フッ素をドーブした非多孔質チューブにそれをコラプスさせるために加熱される。

【0011】ホウ素をドーブしたガラスチューブは、ホウ素を含んだガラス粒子を円柱状のマンドレル上に沈積させ、そのマンドレルを除去して管状のホウ素を含んだ多孔質ガラス・ブリフォームを形成し、そして加熱して、ホウ素をドーブした非多孔質のチューブに多孔質ガラス・ブリフォームをコラプスさせるためにその多孔質ガラス・ブリフォームを加熱することによって形成され得る。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、1つの局面では、環状領域を具備しており、その環状領域は、シリカに対するその環状領域のデルタ値が $-0.5\% \Delta$ より負の方向に大きくなるのに十分な量のフッ素をドーブしたシリカよりなる光ファイバ・ブリフォームを作成する方法に関する。

【0013】本明細書で用いられている Δ_{1-0} 、すなわち屈折率 n_1 および n_0 を有する2つの材料間の相対的屈折率差は、

$$\Delta_{1-0} = (n_1^2 - n_0^2) / (2n_1^2) \quad (1)$$

として定義される。数式を簡単にするために、 Δ はパーセントで、すなわち Δ の百倍で表わされることが多い。ここでの説明では、 n_1 はフッ素をドーブしたガラスの屈折率であり、そして n_0 はシリカの屈折率である。

【0014】本発明は、他の局面では、フッ素をドーブしかつ／またはホウ素をドーブしたガラスのチューブをコア・ガラスのロッドに対して、それら2つの部材の間の境界面の溶融時に実質的にシードが形成されないようにして、コラプスさせることに関する。

【0015】フッ素をドーブしたシリカ・チューブがゲルマニアをドーブしたシリカ・ロッドに対してコラプスされた場合には、その結果生ずるそれら2つの部材間の

境界面は多くのシードを含んでおり、かつその結果得られたブリフォームまたは母材の多くが使用不能の光ファイバを生ずる。ゲルマニアをドーブしたシリカ・チューブおよび純粋なシリカ・チューブのような他のガラス組成で作成された部材が熔融されてブリフォームを形成する場合には、このようなシード形成は少ない。

【0016】本発明は、さらに他の局面では、フッ素の高含有量を含んだ環状領域を有する光ファイバ・ブリフォームを作成する方法に関する。管状の多孔質ガラス・ブリフォームが最初に形成される。このブリフォームが加熱され、そしてセンターライン・ガスがその長手方向の穴に流入され、そしてその微細孔を通じて外方に流動される。このセンターライン・ガスは完全にフッ素を含有した成分よりなり、それによって高濃度のフッ素がブリフォームの微細孔内に入れ込まれる。多孔質ブリフォームはそれをコンソリデートしてフッ素を含んだ非多孔質のガラスチューブにするために加熱される。円柱状のコア・ロッドがフッ素をドーブしたチューブ内に挿入される。このチューブがコア・ロッドに対して収縮され、そしてコア・ブリフォームとチューブの間の境界面が熔融される。

【0017】

【実施例】本発明の方法は屈折率低下ドーパントを含んだ少なくとも1つの環状領域を有する光ファイバ・ブリフォームを作成する。基本的には、この方法は (a) 半径全体にわたって屈折率低下ドーパントを含んだガラスチューブを作成し、(b) そのチューブにコアガラス・ロッドを挿入し、(c) 高温においてロッドとチューブの間に塩素を流してそのロッドとチューブの隣接した表面を清掃し、(d) チューブをロッドに対してコラプスさせ、そして(e) その結果得られた構造体に、それから光ファイバが線引きされ得るのに十分な量のクラッドを付加することよりなる。1つの実施例では、チューブにスート被覆がオーバークラッドされ、工程(c)および(d)は同じ炉内で行なわれ、そのオーバークラッド・ブリフォームは最初に塩素清掃を行なうのに十分な高温にかけられ、そしてその後でその温度がスートをコンソリデートさせかつチューブをコラプスさせそしてロッドにコラプスさせるための上昇される。内側コアと工程(c)で生じた屈折率低下領域との間の境界面における低いシード・カウントの結果として、ファイバ減衰は低い。このようにして得られたファイバのコアは内側コア領域Kと屈折率低下領域を含んでおり、かつ必要に応じて他の隣接した環状領域を含む。本発明の1つの実施例では、低下した屈折率を有する環状ブリフォーム領域はフッ素をドーブされる。図1および2はフッ素をドーブしたガラスチューブを作成する方法を示している。管状ハンドル11にマンドレル10が挿入される。マンドレル10は、本発明における爾後の工程で使用するのに十分なだけの大きさの内径を有するチューブを作成するた

めに比較的大きい直径を有している。マンドレル10は回転している間にスート発生バーナに対する回転運動をも受け、それによってそのマンドレル上にガラス・ブリフォーム12が形成される。

【0018】標準のボールジョイント・ハンドル14

(詳細は図3のハンドル44を参照)がハンドル11に融着され、かつブリフォーム12がそのハンドルによってコンソリデーション用炉内に懸下される。 SiF_4 、 C_2F_6 、 CF_4 等のようなフッ素を含んだセンターライン・ガスを含んだ雰囲気内でコンソリデーションが行なわれる。 SiF_4 はより高いレベルのフッ素ドーピングを与える傾向がある(典型的には $-0.7\% \Delta$ を生じ、場合によっては約 -0.8% のデルタを生ずる)が、そのドーパントは得られるガラス中に高い水分レベルを生じさせる。ファイバ・コアがシリカ・クラッドに対して比較的高い Δ 値を有しており、それによってファイバのフッ素を含んだ環状領域中をパワーがほとんど伝播しない場合には、フッ素を含んだガラス中のこのような高い水分レベルが許容され得る。 CF_4 はより乾燥したガラスを生ずるが、 SiF_4 を用いて得ることができる高いドーパント・レベルを与えない。多孔質スート・ブリフォーム12が純粋なシリカで形成されているので、すなわち母材内に不利益に拡散され得るゲルマニアのようなドーパントが存在していないので、この処理では高い濃度のフッ素を使用することができる。フッ素を含んだガスがチューブの穴18に流入され(矢印16)そして多孔質ガラスブリフォームの微細孔を通して外に流出され、それによって多孔質ガラス体全体と最大接触をするので、そしてセンターライン・ガスはヘリウム、塩素等のような希釈剤を含んでいない純粋なガス状フッ素化合物よりなるものであり得るから、このようにして得られたコンソリデートされたチューブは比較的高濃度のフッ素を含む。また、センターライン流れによって多孔質ブリフォーム内に導入される唯一のドーパントはフッ素である。最初にコンソリデートする多孔質ブリフォームの端部は、マッフルガスがブリフォームの穴に入るのを阻止するためおよびセンターライン・ガスのほとんどをブリフォームの格子を通じて外に流出させるために、毛細チューブ19を含んでいることが好ましい。また炉マッフルには矢印17で示されているようにフッ素を含んだガスも流れる。マッフル・ガスはヘリウムおよびブリフォームを乾燥させるのに十分な量の塩素のような希釈ガスを含んでいることが好ましいが、センターライン・ガス16はガス状のフッ素化合物だけであるものであることが好ましい。しかし、センターライン・ガス16もヘリウムおよび塩素のような1種またはそれ以上の希釈ガスを含んでいてもよい。塩素の流れは、所望の水分含有量が得られた後でかつ多孔質ブリフォームがコンソリデートする前に中断され得る。このようにして得られたフッ素をドーブしたチューブが内径を所望の寸法まで減寸させるように延伸または

再延伸され得る。チューブは延伸されると、その上にスートを沈積させるのに適した長さに切断され得る。

【0019】フッ素をドーブしたチューブよりもホウ素をドーブしたチューブ27のほうが作成するのは簡単である。例えば、図1に関して説明されるように、マンドレル上に多孔質の $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3$ プリフォームが形成され得る。バーナには SiCl_4 と一緒に BCl_3 が供給される。マンドレルが除去され、後に長手方向の穴が残り、そしてプリフォームはコンソリデーション用炉内に入れられる。毎分40標準リットル (slpm) のヘリウムが炉マッフルを通して上方に流れ、そして1 slpmのヘリウムと毎分75標準立方センチメートルの塩素 (scm) が穴に流入する。プリフォームが乾燥された後で、コンソリデートされる。このようにして得られたチューブが上述のようにして延伸され得る。

【0020】図3に示されているように、標準の研削したジョイント・ハンドル44 (さらに詳細は図3参照) が所定の長さのフッ素をドーブしたまたはホウ素をドーブしたチューブ27の一端部に融着される。チューブ27の反対側の端部には短い長さのシリカ・チューブ36が融着されるのが好ましい。その後でチューブ27は旋盤に装着され、そこでスート発生バーナ13に対して回転と往復直線運動をなされる。ガラス・スートの粒子がチューブ27上に沈積されて被覆28を形成する。チューブ27が旋盤チャックで固定された場合にはチューブ27の端部にスート被覆を沈積させることができないことによって生じたフッ素含有チューブの消耗を軽減する目的のためにシリカ・チューブ36が用いられる。

【0021】下記の理由で、被覆28はハンドル44のチューブ27に隣接した部分上を延長している。爾後のコンソリデーション処理時に、そのチューブ27のハンドル44に隣接した部分がコンソリデーション温度を受けると、その粘度は、チューブ27のその部分が被覆を除去されると、それがスートを被覆されたチューブの重量を支えきれなくなる、すなわちその構体がコンソリデーション用炉内に落下するのに十分だけ低くなる。しかし、スートがハンドル44の隣接した部分上を延長しているので、ハンドル44に隣接したチューブ27の端部全体が覆われる。したがって、シリカ・スートがコンソリデーション処理時に構体を支持するのに十分

なだけ強い層をチューブ27上に形成する。

【0022】単一の被覆28が示されているが、複数のスート被覆を沈積させてもよく、その場合、各被覆の屈折率は得られる光ファイバの所望の屈折率プロファイルに依存する。図7の半径 r_1 および r_2 間の屈折率プロファイルを形成するためには、スート被覆28は純粋な SiO_2 よりなるものであり得る。図8の半径 r_1 および r_2 の間のプロファイルを形成するためには、 GeO_2 をドーブした SiO_2 の第1のスート被覆がチューブ27上に沈積され、それに続いて、純粋な SiO_2 よりなる第2のスート被覆が沈積

され得る。チューブ36が用いられていない場合には、チューブ27は加熱され、そしてロッド22を保持するのに十分に小さい内径を有する領域を形成するために内方にテーパをつけられる。あるいは、ロッド22の上端部がチューブ27の頂部で保持されるようにするために、そのロッド22の上端部に小さい変形をつけることができる。ロッド22は、チューブ27の屈折率より大きい屈折率を有するガラス、例えば純粋なシリカまたは GeO_2 、 P_2O_5 等をドーブしたシリカで形成されるのが好ましい。ロッド22は、その所望の屈折率プロファイルに依存して、修正化学蒸気沈積 (MCVD)、軸付け法 (VAD)、および外付け法 (OVD) のような種々の公知技術のうちの任意の1つで形成され得る。OVD技術で作成され得るプロファイルのうちの2つは、図7および8の半径 r_1 以内の中央領域である。図7の中央領域は半径方向に減少しており、他方、図8のものは実質的にステップ・プロファイルである。特定の分散修正された特性のような種々の形式の光特性を有する光ファイバを作成するために、ファイバの中央部分は、放物線状の傾斜等のような異なる屈折率プロファイルを有しうる。フッ素をドーブされたチューブの半径より大きい半径を有する付加的な層があれば、それも分散のような光特性に影響を及ぼす。

【0023】コンソリデーション用炉15内に挿入するために支持チューブ46からハンドル44が懸下される。ハンドル44は、その上端部におけるフレア状ジョイント48を、そのジョイント48から離間された環状の拡大部49を有するガラスチューブ45よりなる。支持チューブ46はその端部に形成されたスロット付きハンドルを有している。チューブ46の端部領域の一侧がハンドル44の上端部を受入れるために除去され、チューブ45の隣接部分がスロット51に挿入されると、拡大部49がストロカの付いたベース50上に休止する。ガス誘導チューブ53の端部には、ジョイント48の空洞54内に嵌入するボール・ジョイント52がある。

【0024】アセンブリ32がコンソリデーション用炉15内で加熱されている時に、乾燥用ガスがその炉内を上方に流れる (矢印33) 乾燥用ガスは従来より塩素とヘリウムのような不活性ガスの混合物よりなるものである。塩素を含んだガス流 (矢印55) がチューブ53からチューブ27内に流入される。ガス流55はヘリウムのような希釈物を含んでいてもよいが、清掃の目的のためには純粋な塩素が好ましい。ロッド22の直径はチューブ27の内径より若干小さいので、塩素はロッド22の全周のまわりで下方に流れ、チューブ36を通じて排出される。ロッド22の下端部を通る塩素の流れを助長するために、その端部には下面の周囲において1つまたはそれ以上のスロット23を設けられ得る (図4および5)。その塩素は熱化学清掃剤として作用する。この熱

化学清掃工程時には、その温度はコンソリデーション温度より低く、したたって所要の清掃が生ずるのに十分な長さの時間のあいだロッド 2 2 とチューブ 2 7 の間の空間が開いた状態のままである。塩素清掃工程は高温でより効果である。この清掃工程の温度は少なくとも 1000℃ であることが好ましい。なぜなら、それより低い温度では、その工程の期間が長くなり過ぎて商業用目的に対して望ましくなくなるからである。明白なことであるが、処理時間が問題でなければ、低い温度を用いてもよい。

フッ素チューブとロッド 2 2 の間に熱い塩素を流すことは、それら 2 つの部材の表面をそれらの境界面にシードが形成されることなしに互いに持ち来することができる点で非常に有益である。シードは得られる光ファイバに減衰を生じさせるおそれのある泡や不純物のような欠陥を含む。

【 0 0 2 5 】 スート被覆 2 8 はコンソリデートする時にチューブ 2 7 に対して半径方向内方の力を加え、それによってそのチューブをロッド 2 2 に対して内方に押しつけて、3 つの領域 2 2、2 7 および 2 8' が完全に融着された融着アセンブリ 3 8 (図 6 参照) を形成する。比較的低い密度のスートのほうがより大きい内方の力を与えるが、スート被覆はクラッキングを防止するのに十分なだけ稠密でなければならない。

【 0 0 2 6 】 クラッドガラス層 2 8' は得られる光ファイバのクラッドの一部分として機能する。融着アセンブリ 3 8 には、そのアセンブリを延伸してファイバにする前に付加クラッドが設けられる。例えば、クラッド・スートの被覆がアセンブリ 3 8 上に沈積され、そしてコンソリデートされ得る。あるいは、アセンブリ 3 8 がクラッドガラス・チューブに挿入されてもよい。

【 0 0 2 7 】 本発明の他の態様によれば、スート被覆 2 8 はチューブ 2 7 上に沈積されず、そしてチューブ 2 7 は炉 1 5 内でロッド 2 2 に対してコラプスされない。ロッド 2 2、チューブ 2 7、チューブ 3 6 およびボールジョイント・ハンドル 4 4 を含んだアセンブリは、上述のようにロッド 2 2 とチューブ 2 7 の間に塩素が流れている状態で、炉内で高温を受ける。その温度は、部材 2 2 および 2 7 の表面を化学的に清掃するためには、約 1000℃ ~ 1500℃ の範囲内であることが好ましい。化学的清掃を生じさせるのに十分な時間が経過した後で、清掃されたアセンブリ 6 3 がその炉から取り出され、そして従来の延伸炉に挿入される (図 9)。ロッド 2 2 の上端部には、ハンドル 4 4 またはその近傍における狭い領域から懸下された拡大端部 6 5 を設けられる。図示の実施例では、ハンドル 4 4 の下端部の内径がチューブ 2 7 の上端部の内径より大きく、このことが拡大部 6 5 を支持する出張り部を与える。ハンドル 4 4 には真空源 (図示せず) が連結される。アセンブリ 6 3 の先端部がヒータを通ると、そのアセンブリの直径が減少し、そしてチューブ 2 7 がロッド 2 2 に対してコラプスし、それら 2 つの

部材の間の空間が脱気される。アセンブリをさらに延伸することによって、そのアセンブリが細長くなされ、チューブ 2 7 がロッド 2 2 に融着したコア・プリフォーム・ロッド 6 6 となされる。このコア・プリフォーム・ロッドは適当な長さに切断され、その切断されたものが上述のようにクラッドを設けられそして延伸されて光ファイバとなされる。

【 0 0 2 8 】 ほぼ 1300nm の波長で使用するよう設計された典型的なステップインデックス型光ファイバは、そのファイバが最小の減衰を提示する 1550nm 窓で正の分散を提示する。このようなシステムは、1550nm で比較的高い値の負の分散を有する分散補償 (DC) ファイバをステップインデックス型ファイバと直列に配置することによって、1550nm 窓で動作するようにアップグレードされ得る。下記の実施例では、このような DC ファイバの製作について説明する。

【 0 0 2 9 】 図 7 に示された屈折率プロファイルを有するシングルモード DC 光ファイバが下記のようにして作成された。0.25 インチ (0.64cm) のアルミナ・ロッドが、1.5 インチ (3.8cm) の外径を有するアルミナ・チューブに挿入された。アルミナ・ロッドをアルミナ・チューブ内の中央に位置決めするために、そのアルミナ・チューブの両端部にゴムコルクが用いられた。ハンドル 1 1 がアルミナ・チューブの一端部近傍に配置された。アルミナ・チューブ上およびハンドルの一部分上に純粋なシリカ・スートが沈積された。アルミナ・チューブ上に多孔質プリフォームを形成する方法についての詳細な説明が米国特許第 5 1 8 0 4 1 0 号に見られる。

【 0 0 3 0 】 コンソリデーションの前に、標準のボールジョイント・ハンドル 1 4 がシリカ・ハンドル 1 1 に融着された。コンソリデーションは図 2 に関連して説明された方法で行なわれた。センターフロー・ガス 1 6 は 1.5 slpm の SiF_4 よりなっていた。マッフル・ガス 1 7 は 20 slpm の He、0.5 slpm の Cl_2 および 1.0 slpm の SiF_4 よりなっていた。

【 0 0 3 1 】 コンソリデートされたフッ素をドープしたチューブは約 2.4 重量% のフッ素を含んでいた (シリカに対するこのチューブの Δ 値は約 0.7% Δ であった)。このチューブは、約 12mm の外径と 6.1mm の内径を有する細長いチューブを形成するために再延伸された。フッ素をドープしたチューブ 2 7 の 30 インチ (76cm) の長さの片がコンソリデートされたチューブから切断された。チューブ 2 7 の第 1 の端部に標準の研磨されたジョイント・ハンドル 4 4 が融着された。約 3mm および 12mm の内径および外径を有する 4 インチ (10cm) の長さのシリカ・チューブが融着された。このようにして得られた管状の構造物の両端部が旋盤に装着されて、そこでその構造物が火炎加水分解バーナに対して回転と往復直線運動をなされた (図 3)。バーナ炎に乗せられた SiO_2 の粒子がチューブ 2 7 上に沈積され、長さ 70cm、直径 90mm の被覆 2

8を形成した。被覆28はチューブ27の全長にわたって延長し、そしてハンドル44に沿って約50mmの長手方向の距離だけ延長していた。その後で、被覆された構造物30が旋盤から取外された。

【0032】コア・ロッド22を作成するために下記の方法が用いられた。アルミナ・マンドレルの大径端部がガラス管状ハンドルに挿入された。マンドレルの外径は、そのマンドレルの107cmの長さにわたって5.5mmから6.5mmまでテーパしていた。マンドレルの端部が旋盤に装着され、そこでマンドレルが回転と直線往復運動をなされた。GeO₂をドーブしたSiO₂スートがマンドレルとハンドルの一部分上に沈積された。37重量%GeO₂をドーブされたSiO₂よりなるスートを形成するのに十分な量で反応物GeCl₄およびSiCl₄が最初にバーナに流された。バーナがマンドレルに対して通過する毎に、GeCl₄の流れは減少され、最後の通過で純粋なシリカ・スートを沈積した。バーナへのGeCl₄の流れは、得られたファイバ中のGeO₂の濃度の半径方向の減少が実質的に放物線状となるような処方に従って減少した。

【0033】スート・プリフォームを100mmの厚さまで沈積した後で、ハンドルを介してマンドレルを引出すことによってそのマンドレルが取り出され、それによってその後に長手方向の穴が残った。ハンドルの反対側の多孔質プリフォームの穴の端部に毛細チューブが挿入された。多孔質プリフォームがコンソリデーション炉に懸下され、そして1.0 slpmのヘリウムと50 sccmの塩素よりなるセンターライン乾燥用ガスがハンドルを通じてプリフォームの穴に流入され、そしてプリフォームの格子を通じて外方に流出した。40 slpmのヘリウムよりなるマッフル・ガスが炉中を上方に流れた。コンソリデーション炉の最高温度は1460℃であった。毛細チューブ・ブラグの穴がコンソリデーション処理時に閉塞した。

【0034】コンソリデートされたプリフォームが、米国特許第4486212号に開示されている態様でその上端部に真空接続が固着された状態で、延伸装置に挿入され、そこで2100℃に加熱された。プリフォームの穴が非常に細くなるかあるいは完全に閉塞されるようにそのプリフォームの端部が延伸された後で、その穴が脱気された。プリフォームの下端部が約15cm/分の速度で下方に引張られ、そしてその直径が減少するに伴って、脱気された穴がコラプスした。このようにして得られたロッドの直径は約6mmであった。この結果得られた延伸されたロッドの屈折率プロファイルは図7の軸線と半径r₁の間の屈折率に類似していた。爾後のコンソリデーション処理において下端部を形成するべきロッド22の端部24の周囲に2つのスロット23が形成された。

【0035】ロッド22が、その端部24がチューブ36に接触するまでハンドル44を通じてフッ素をドーブしたチューブ27に挿入され、それによって図4のスートを被覆されたアセンブリ32を形成した。アセンブ

リ32のハンドル44がコンソリデーション用炉に挿入するために支持チューブ46から懸下された。アセンブリ32は、1 rpmで回転されながら、毎分5mmの速度でコンソリデーション用炉マッフル15内に下降された。50 sccmの塩素および40 slpmのヘリウムよりなるガス混合物がマッフル中を上方に流れた。センターライン・ガス流55は0.5 slpmの塩素よりなっていた。その塩素がロッド22のまわりを下方に流れそしてチューブ36を通じて排出された。コンソリデーション用炉内の最高温度は1500であった。アセンブリ32が下方に移動されて炉内にいれられるにつれて、アセンブリの温度は、センターライン塩素流がロッド22とチューブ27の隣接表面を清掃するのに十分なだけ高くなった。アセンブリ32がさらに炉内に移動すると、まずその先端部が、そしてその後でアセンブリの残部が、被覆28をコンソリデートさせるのに十分な1460℃という温度を受けた。スート被覆28のコンソリデーション時に、チューブ27が部分22に対して内方に押しつけられ、それによって融着されたアセンブリを形成した。

【0036】アセンブリ38がコンソリデーション用炉から取り出されて、延伸用炉に入れられた。プリフォームの下端部が約2100℃に加熱され、そして5.5mmの直径を有するロッドを形成するように延伸された。

【0037】このようにして得られたロッドから90cmの部分が切断され、そしてそれが旋盤に支持されて、そこでその部分はクラッド・ガラススートの付加的な被覆を沈積するためのマンドレルとして機能した。沈積は、複合プリフォームを形成するために100mmの外径を有するSiO₂粒子の層が沈積するまで、図1に関連して説明した方法で続けられた。

【0038】このようにして得られた複合プリフォームが、1450℃の最高温度を有するコンソリデーション用炉に徐々に挿入され、その炉内でその複合プリフォームは、99.5容量%のヘリウムと0.5容量%の塩素の混合物が炉マッフルを通過して上方に流れている状態で、コンソリデートされた。このようにして得られたコンソリデートされた延伸用母材は、直径が約50mmであって、延伸用炉に挿入され、その炉内で約2100℃の温度を受けた。延伸用母材は125μmの外径を有する分散補償光ファイバを形成するために延伸された。このファイバのシングルモード・カットオフ値は750nmであった。1550nmの波長では、減衰が0.5dB/kmであり、そして分散は-90psec/km nmより負方向に大きかった。この方法で作成されたファイバの分散の最低値は-105psec/km nmであった。

【0039】本発明より以前においては、フッ素チューブとゲルマニア・ロッドの2つの部材が互いに対接された場合にそれら間の境界面にシードが生じていた。本発明の方法はシードを本質的に完全に排除するものであり、このことは50kmのファイバを生ずる母材が常に何らの支障もなく延伸されたことによって、すなわち1550nm

におけるファイバ減衰が常に約0.5dB/kmであったことによって立証された。

【図面の簡単な説明】

【図1】 マンドレル上に多孔質ガラス・プリフォームが形成される状態を示している。

【図2】 多孔質ガラス・プリフォームのコンソリデーションを示している。

【図3】 フッ素をドーブしたガラスチューブに対するガラス粒子の被覆の添着を示している。

【図4】 図3の方法で形成されたアセンブリをコンソリデートさせかつ融着させる装置の断面図である。

【図5】 図4の線5-5に沿って見た断面図である。

【図6】 図4に示されたコンソリデーション／融着工程で得られた融着されたアセンブリの断面図である。

【図7】 本発明の方法によって作成され得る光ファイバの屈折率プロファイルの例である。

【図8】 本発明の方法によって作成され得る光ファイバの屈折率プロファイルの例である。

【図9】 チューブが延伸されかつロッドに対してコーブスされる線引き用炉の断面図である。

【符号の説明】

- 10 マンドレル
- 11 管状ハンドル
- 12 ガラス・プリフォーム
- 13 スート発生バーナ
- 14 ボールジョイント・ハンドル
- 15 コンソリデーション用炉
- 16 センターライン・ガス
- 19 毛細チューブ
- 22 ロッド
- 27 ホウ素をドーブしたチューブ
- 28 被覆
- 28 クラッドガラス層
- 36 シリカ・チューブ
- 38 融着アセンブリ
- 46 支持チューブ
- 48 フレア状ジョイント
- 49 拡大部
- 51 スロット
- 52 ボール・ジョイント
- 54 空洞

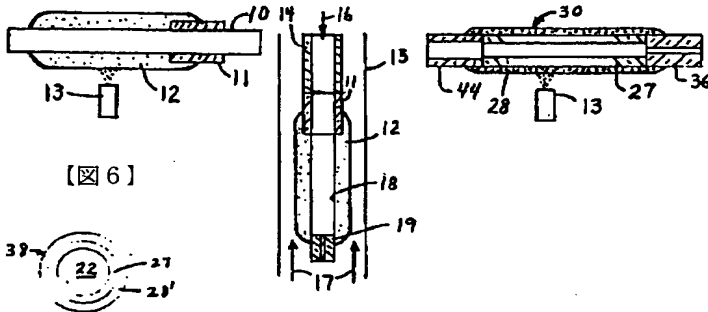
【図1】

【図2】

【図3】

【図4】

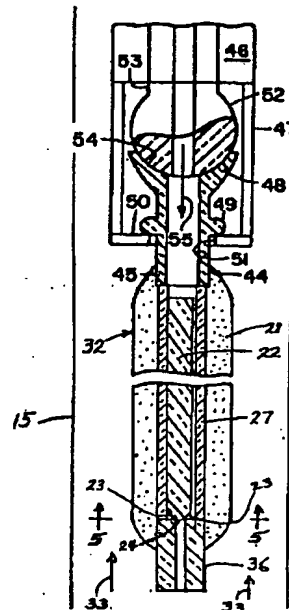
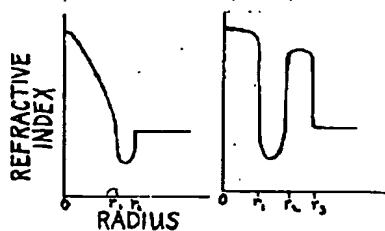
【図5】



【図6】

【図7】

【図8】



【図9】

